

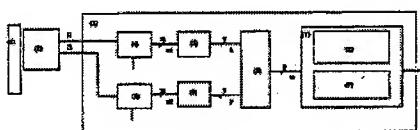
## Interpolation method for interpolating analog signals for measuring paths or angles

**Publication number:** DE19502276  
**Publication date:** 1996-08-01  
**Inventor:** SCHOENITZ EVA-MARIA GEB ROTHE (DE);  
PIETSCHMANN HARALD (DE); FRIESE HOLGER (DE)  
**Applicant:** GEMAC GES FUER MIKROELEKTRONIK (DE)  
**Classification:**  
- international: **G01D5/244; G01D5/12;** (IPC1-7): G06G7/30; G01B7/02;  
G01B7/30; G01D5/244  
- European: G01D5/244  
**Application number:** DE19951002276 19950126  
**Priority number(s):** DE19951002276 19950126

Report a data error here

### Abstract of DE19502276

The method provides interpolation of at least two analog signals obtained by sampling a division carrier. The analog signals are sinusoidal, position dependent, periodic signals shifted by 90 deg. relative to each other. Noise is superimposed on each analog signal by means of sigma-delta modulation. Signal trains are generated from the resulting trains by a simultaneous low pass filtering of the noise component above the max. input frequency of the analog signals. A stream of angle values is obtained from the signal trains. After a second low pass filtering of the noise component above the max. frequency of the input analog signals, a stream of output values are allocated to the angle values. The method may be carried out by a high resolution, digital interpolation device. This has two sigma-delta modulators (4). A conversion device (6) for converting the angle values is connected to each modulator (4) via a digital low pass filter (5) to convert the signal trains. The conversion device (6) is connected to an analyser circuit (7) to convert the angle values to output values.



**19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

**Offenlegungsschrift**  
**DE 195 02 276 A 1**

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 01 B 7/02**  
 G 01 B 7/30  
 G 01 D 5/244  
 // G06G 7/30

DE 195 02 276 A1

**21** Aktenzeichen: 195 02 276.9  
**22** Anmeldetag: 26. 1. 95  
**43** Offenlegungstag: 1. 8. 96

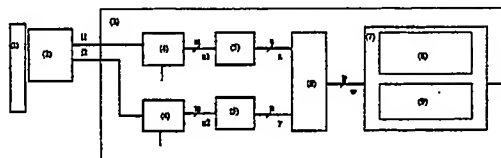
**71) Anmelder:**  
**Gemac - Gesellschaft für**  
**Mikroelektronikanwendung Chemnitz mbH, 09113**  
**Chemnitz, DE**

**74) Vertreter:**  
Hübner, B., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 09111 Chemnitz

**(72) Erfinder:**  
Schönitz, Eva-Maria geb. Rothe, 09122 Chemnitz, DE;  
Pietschmann, Harald, 09116 Chemnitz, DE;  
Friese, Holger, 09119 Chemnitz, DE

⑤4 Interpolationsverfahren und hochauflösende digitale Interpolationseinrichtung

57 Aufgabe der Erfindung ist ein Interpolationsverfahren und eine Interpolationseinrichtung zur Erhöhung der Auflösung eines Inkrementalen Weg- oder Winkelmeßsystems durch einen hohen Interpolationsfaktor, bei gleichzeitiger einfacher Realisierung und maximaler Verfahrensgeschwindigkeit des Gebersystems, wobei die Interpolationseinrichtung weitgehend als integrierte Schaltung realisierbar ist. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Interpolationsverfahren und eine Interpolationseinrichtung zum Interpolieren von durch Abtastung eines Teilungsträgers gewonnenen Analogsignalen zum Messen von Werten und/oder Winkeln gelöst, bei dem den Analogsignalen (11, 12) jeweils mittels Sigma-Delta-Modulation ein Rauschen überlagert wird, daß aus den so entstandenen Folgen (u1, u2) unter gleichzeitiger erster unvollständiger Tiefpaßfilterung der Rauschanteile oberhalb der maximalen Eingangsfrequenzen der Analogsignale (11, 12) Signalfolgen (x, y) erzeugt werden und daß aus den Signalfolgen (x, y) eine Folge von Winkelwerten (w) gewonnen wird, der, nach zweiter Tiefpaßfilterung des noch vorhandenen Rauschanteils oberhalb der maximalen Eingangsfrequenzen der Analogsignale (11, 12), eine Folge von Ausgangswerten (v) zugeordnet wird. Die Erfindung betrifft ein Interpolationsverfahren und eine Interpolationseinrichtung, insbesondere zum Messen von Strecken und/oder Winkeln.



**DE 195 02 276 A 1**

Die Erfindung betrifft ein Interpolationsverfahren und eine hochauflösende digitale Interpolationseinrichtung, insbesondere zum Messen von Strecken und/oder Winkeln.

Herkömmliche digitale Interpolationseinrichtungen (DE-OS 34 17 016, DE-OS 30 24 716) arbeiten derart, daß die analogen Eingangssignale in hochauflösenden A/D-Wandlern mit hoher Wortbreite digitalisiert werden. Diese digitalen Signale werden mit Hilfe eines Tabellenverfahrens (RAM, ROM oder Rechner) in Winkelwerte umgesetzt, die in einer nachfolgenden Stufe in die gewünschte Weginformation umgewandelt werden. Die digitalen Signale werden oft einem Rechner zur weiteren Verarbeitung zugeführt. Zu jedem Zeitpunkt existiert eine eindeutige Zuordnung der analogen Eingangssignale zu den digitalen Zwischenwerten und zum Ausgangssignal. Nachteilig hierbei ist, daß für hohe Interpolationsfaktoren die Forderungen an den A/D-Wandler bezüglich Auflösung und Umsetzfrequenz sehr hoch sind. Alle analogen Komponenten wie Antialiasingfilter, Sample & Hold-Schaltungen sowie die eigentlichen A/D-Wandler müssen doppelt vorhanden sein. Diese Forderung hat Konsequenzen für die erreichbaren Interpolationsgrade, weil Unsymmetrien im Aufbau direkt das Ausgangssignal beeinflussen. Trotz digitaler Auswertung der Eingangssignale ist diese Variante schlecht für eine integrierte Lösung geeignet. Gründe dafür sind die sehr stark steigende Größe der Tabelle mit steigenden Interpolationsgraden und der hohe Anteil an analogen Schaltungskomponenten. Bei Verwendung eines Rechners zur Auswertung der digitalen Signale wird durch die maximale Verarbeitungsgeschwindigkeit dieses Rechners die maximal mögliche Eingangsfrequenz auf kleine Werte begrenzt.

Auch ist bekannt (DE-OS 38 38 291, DE-OS 37 37 720), die oben beschriebene Struktur so abzuwandeln, daß nur ein A/D-Wandler, der den Quotienten der Eingangssignale digitalisiert, verwendet wird. Bei dieser Variante muß eine zusätzliche analoge Schaltungsstufe das Quotientensignal bereitstellen, oder es wird ein dividierender A/D-Wandler mit entsprechender Zusatzbeschaltung verwendet. Der Nachteil dieser Schaltungen besteht darin, daß für hohe Interpolationsfaktoren die Forderungen an den A/D-Wandler bezüglich Auflösung und Umsetzfrequenz sehr hoch sind. Unsymmetrien im Aufbau der analogen Schaltungskomponenten beeinflussen direkt das Ausgangssignal. Trotz digitaler Auswertung der Eingangssignale ist diese Variante schlecht für eine integrierte Lösung geeignet. Grund dafür ist der hohe Anteil an analogen Schaltungskomponenten. Aus dem gleichen Grund können mit diesem Verfahren ohne beträchtlichen Aufwand keine großen Interpolationsfaktoren erreicht werden.

Aufgabe der Erfindung ist ein Interpolationsverfahren und eine hochauflösende digitale Interpolationseinrichtung zur Erhöhung der Auflösung eines inkrementalen Weg- oder Winkelmeßsystems durch einen hohen Interpolationsfaktor, bei gleichzeitiger einfacher Realisierung und maximaler Verfahrensgeschwindigkeit des Gegersystems, wobei die Interpolationseinrichtung weitgehend als integrierte Schaltung realisierbar ist.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmale des Hauptanspruchs gelöst. Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen dargestellt.

Der Vorteil der Erfindung besteht in einem Interpolationsverfahren, das die bekannten Verfahren "digitale

Interpolation" und "Sigma-Delta-A/D-Umsetzung" miteinander verknüpft und durch die Verknüpfung der einfachen digitalen Interpolation mit der einfachen Sigma-Delta-A/D-Umsetzung einen sehr hohen Interpolationsgrad bei sehr starker Vereinfachung des analogen Teils der A/D-Umsetzung erreicht. In einer Interpolationseinrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens kann der Interpolationsgrad stark erhöht werden, ohne daß sich der Schaltungsaufwand im digitalen Teil wesentlich vergrößert. Die analogen Komponenten Antialiasingfilter und Sample & Hold-Schaltung können entfallen. Es ist möglich, die gesamte Interpolationseinrichtung als eine integrierte Schaltung mit einfachen heute verfügbaren Technologien aufzubauen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die Erläuterung der Interpolationseinrichtung erfolgt anhand von einem in vereinfachter Weise in Fig. 1 dargestellten Blockschaltbild.

Die von einem Teilungsträger durch Abtastung gewonnenen mindestens zwei positionsabhängigen periodischen zueinander um  $90^\circ$  phasenverschobenen sinusähnlichen Analogsignale  $i_1$  und  $i_2$  werden zum Messen von Wegen und Winkeln verwendet. Sie werden jeweils mittels Sigma-Delta-Modulation in  $m$ -Bit breite Wortfolgen, die Folgen  $u_1$  und  $u_2$ , hoher Frequenz und geringer Wortbreite mit in zeitlicher Verteilung der Worte enthaltener Amplitudeninformation gewandelt. Die Folgen  $u_1$  und  $u_2$  entstehen aus den Analogsignalen  $i_1$  und  $i_2$  jeweils durch Überlagerung mit einem Rauschsignal. Dieses Rauschsignal resultiert aus dem Quantisierungsrauschen der Sigma-Delta-Modulation.

Es besitzt folgende Charakteristik:

- Frequenzanteile oberhalb der maximalen Frequenz der Analogsignale  $i_1$  und  $i_2$  besitzen eine verhältnismäßig große Amplitude,
- Frequenzanteile unterhalb dieser Frequenz sind vernachlässigbar.

Aus den so entstandenen Folgen  $u_1$  und  $u_2$  werden unter gleichzeitiger erster unvollständiger Tiefpaßfilterung der Rauschanteile oberhalb der maximalen Eingangsfrequenzen der Analogsignale  $i_1$ ,  $i_2$   $n$ -Bit breite Wortfolgen, die Signalfolgen  $x$  und  $y$ , erzeugt. Unvollständige Tiefpaßfilterung bedeutet, daß in den Signalfolgen  $x$  und  $y$  das o.g. Rauschen maximal noch mit einer Energie, die sich aus der Wortbreite  $n$  ergibt, enthalten ist. Die Amplitudeninformationen der Analogsignale  $i_1$  und  $i_2$  sind zum Teil in den Signalfolgen  $x$  und  $y$  und zum anderen in ihrer zeitlichen Verteilung enthalten.

Aus den Signalfolgen  $x$  und  $y$  wird eine  $p$ -Bit breite Wortfolge von Winkelwerten  $w$  gewonnen, der, nach zweiter Tiefpaßfilterung des noch vorhandenen Rauschanteils, eine Folge von Ausgangswerten  $v$  zugeordnet wird. Es besteht ein linearer Zusammenhang zwischen der Änderung des Winkelwertes  $w$  und der Änderung des Ausgangswertes  $v$ . Es ist aber auch möglich, die Differenz zweier aufeinanderfolgender gefilterter Winkelwerte  $w$  in zwei zueinander um  $90^\circ$  phasenverschobene Rechtecksignale zu kodieren. Die genannte zweite Tiefpaßfilterung kann eine Unterabtastung beinhalten.

Es findet also eine Zuordnung zweier zeitlich bestimmter analoger Eingangssignale in ein zeitlich bestimmtes digitales Ausgangssignal statt. Im Gegensatz zu anderen Verfahren sind die internen Signale  $u_1$ ,  $u_2$ ,  $x$ ,  $y$  und  $w$  unscharf, d. h. es existiert kein eindeutiger Zusammenhang zwischen den Momentanwerten der ana-

logischen Eingangssignale  $i_1$  und  $i_2$  und den genannten internen Signalen, da ihnen das o.g. Rauschen überlagert ist. Die klare Trennung zwischen A/D-Umsetzung, Umsetzung und Auswertung ist aufgehoben.

Zur Realisierung dieses Verfahrens wurde eine hochauflösende digitale Interpolationseinrichtung entwickelt, vereinfacht in Fig. 1 dargestellt. Zwischen zwei Objekten, deren Relativlage als Weg oder Winkel zu bestimmen ist, ist ein an sich bekannter Teilungsträger 1 angeordnet, denen ein an sich bekanntes Gebersystem 2 zur Erzeugung zweier zueinander um  $90^\circ$  phasenverschobener sinusähnlicher Analogsignale  $i_1$  und  $i_2$  zugeordnet ist. Die Analogsignale  $i_1$  und  $i_2$  repräsentieren also die Verschiebung des Gebersystems auf dem Teilungsträger 1. Aus den beiden Analogsignalen  $i_1$  und  $i_2$  wird in der erfindungsgemäßen Interpolationseinrichtung 3 der Erzeugungswert  $v$  mit der sich aus dem geforderten Interpolationsgrad ergebenden Auflösung gewonnen, der den auf dem Teilungsträger 1 zurückgelegten Drehwinkel oder Weg repräsentiert. Zunächst werden die Analogsignale  $i_1$  und  $i_2$  je einem Sigma-Delta-Modulator 4 zugeführt. Die Ausgangssignale der Sigma-Delta-Modulatoren 4, die Folgen  $u_1$  und  $u_2$ , werden je einem Tiefpaß 5 zugeführt, dessen Ausgangssignale die Signalfolgen  $x$  und  $y$  sind. Diese werden einer Umsetzeinrichtung 6 zugeführt, die ihrerseits mit einer Auswerteschaltung 7 verbunden ist. Die Auswerteschaltung 7 besteht grundsätzlich aus einem digitalen Filter 8 mit Tiefpaßverhalten und einer Zuordnungsschaltung 9. Dabei kann das digitale Filter 8 ein Dezimierungsfilter sein, d. h., daß zusätzlich zur Tiefpaßfilterung eine Unterabtastung stattfindet. Die Funktionen "Tiefpaß" und "Zuordnung" in der Auswerteschaltung 7 können an beliebiger Stelle und unabhängig von der Schaltungsstruktur in der Auswerteschaltung realisiert sein, beispielsweise durch

- 2 Schaltungskomponenten: erst Tiefpaßfilter (von 0 bis zur maximalen Frequenz der Analogsignale  $i_1$  und  $i_2$  konstanter Amplitudengang, oberhalb der maximalen Frequenz der Analogsignale  $i_1$  und  $i_2$  sperren), danach Zuordnung (fortlaufende Addition der Differenz zweier zeitlich aufeinanderfolgender Ausgangssignale dieses Tiefpasses),

- 2 Schaltungskomponenten: erst Zuordnung, dann Tiefpaßfilterung,

- 2 Schaltungskomponenten: erst eine digitale Filterstruktur, die von 0 bis zur maximalen Frequenz der Analogsignale  $i_1$  und  $i_2$  differenziert und oberhalb der maximalen Frequenz der Analogsignale  $i_1$  und  $i_2$  sperrt, danach fortlaufende Addition der Ausgangssignale dieser Filterstruktur,

- 3 Schaltungskomponenten: Zuordnung Teil 1 (Differenzbildung zwischen zwei zeitlich aufeinanderfolgenden Winkelwerten  $w$ ), Tiefpaß wie im 1. Beispiel, Zuordnung Teil 2 (fortlaufende Addition der Ausgangssignale dieses Tiefpasses)

- 2 Schaltungskomponenten: nur Tiefpaß wie im 1. Beispiel, Erzeugung zweier zueinander um  $90^\circ$  phasenverschobener Rechtecksignale zur Ansteuerung herkömmlicher Auswerteelektronik (die Bildung der Weginformation erfolgt in einer anderen Einrichtung aus diesen phasenverschobenen Rechtecksignalen) oder durch

- Kombinationen aus diesen Beispielen.

Im folgenden soll die Wirkungsweise der Interpolationseinrichtung beschrieben werden. Die Interpolations-

tionseinrichtung 3 wertet zwei vom Gebersystem 2 gelieferte Analogsignale  $i_1$  und  $i_2$ , so aus, daß das Ausgangssignal  $v$  der Interpolationseinrichtung 3 die Verschiebung des Gebersystems 2 auf dem Teilungsträger 1 repräsentiert. Die vom Gebersystem 2 gelieferten zueinander um  $90^\circ$  phasenverschobenen sinusähnlichen Analogsignale  $i_1$  und  $i_2$  (Sinus- und Cosinussignal) werden in den zugehörigen Sigma-Delta-Modulatoren 4 in die  $m$ -Bit breiten Wortfolgen, die Folgen  $u_1$  und  $u_2$ , hoher Frequenz und geringer Wortbreite gebracht. Die Amplitudeninformation der Analogsignale  $i_1$  und  $i_2$  sind am Ausgang dieser Sigma-Delta-Modulatoren 4 nur in der zeitlichen Verteilung der Worte enthalten. Ein für jede der beiden Folgen  $u_1$  und  $u_2$  nachfolgender digitaler Tiefpaß 5 regeneriert einen Teil der Amplitudeninformationen aus diesem Rauschen. Die Amplitudeninformationen sind am Ausgang jedes Tiefpasses 5 zum Teil in den Signalfolgen  $x$  und  $y$ , zum anderen weiterhin in ihrer zeitlichen Verteilung enthalten. Diese Signalfolgen  $x$  und  $y$  werden in der Umsetzeinrichtung 6 in die Winkelwerte  $w$  umgewandelt. Bei idealen Analogsignalen  $i_1$  und  $i_2$  findet hier eine Arcustangensumsetzung statt. Es ist auch möglich, eine andere Umsetzfunktion zu wählen, um statische Fehler des Gebersystems 2 und/oder des Teilungsträgers 1 zu korrigieren. In der nachfolgenden Auswerteschaltung 7 werden diese periodischen, von einem Rauschen überlagerten Winkelwerte  $w$  den Ausgangswerten  $v$ , die die absolute vom Gebersystem 2 erfaßte Verschiebung bzw. den erfaßten Drehwinkel repräsentieren, zugeordnet. In der Auswerteschaltung 7 sind mindestens die Funktionen einer Tiefpaßfilterung, im digitalen Filter 8 und einer Zuordnung der Winkelwerte  $w$  zu Ausgangswerten  $v$  in der Zuordnungsschaltung 9 realisiert. Das Tiefpaßverhalten der Auswerteschaltung 7 bewirkt ein Ausfiltern des noch vorhandenen Rauschens oberhalb der maximalen Eingangsfrequenzen der Analogsignale  $i_1$  und  $i_2$ . In der Zuordnungsschaltung 9 besteht ein linearer Zusammenhang zwischen der Änderung des Winkelwertes  $w$  und der Änderung des Ausgangswertes  $v$ .

Die Aufgabe, eine hochauflösende digitale Interpolation zu realisieren, wurde dadurch verwirklicht, daß die Vorteile der Sigma-Delta-Umsetzung bei der Umsetzung der analogen Eingangssignale genutzt wurden. Das Verfahren der Sigma-Delta-A/D-Umsetzung wurde ausgewählt, weil der Anteil der analogen Schaltungskomponenten reduziert und zusätzlich im Digitalteil eine sehr hohe Auflösung erreicht werden kann. Da die Abtastfrequenz sehr viel größer als die maximale Eingangsfrequenz ist, werden bei diesem Verfahren kein analoges Antialiasingfilter benötigt. Weiterhin ist keine Sample & Hold-Schaltung erforderlich. Diese Eigenschaften des Verfahrens machen es möglich, die A/D-Umsetzung weitgehend im digitalen Teil der Schaltung zu integrieren. Die bei anderen Verfahren entstehenden Fehler durch nicht ideale analoge Bauelemente sowie durch Aliasingeffekte herkömmlicher A/D-Wandler werden weitgehend minimiert. Es ist nicht zwingend notwendig, schaltungstechnisch jedoch vorteilhaft, für die Umsetzung der Eingangssignale ein Tabellenverfahren mit ROM anzuwenden, wobei die benötigte Speichertiefe des ROM bei diesem Verfahren drastisch reduziert werden kann, da im nachfolgenden Filter die Auflösung (entspricht dem Interpolationsgrad) auf das gewünschte Maß erhöht wird. Der einfache Analogteil und diese geringe Speichertiefe ermöglichen es, diese Schaltung mit einfachen heute verfügbaren Technologien als integrierte Lösung aufzubauen. Prinzipbedingt

kann der Interpolationsgrad stark erhöht werden, ohne daß sich der Schaltungsaufwand wesentlich vergrößert.

#### Bezugszeichenliste

i1, i2 positionsabhängige periodische zueinander um 90° phasenverschobene sinusähnliche Analogsignale	5
u1, u2 Folgen (m-Bit breite Wortfolgen hoher Frequenz und geringer Wortbreite)	
x, y Signalfolgen (n-Bit breite Wortfolgen)	10
w Winkelwert (p-Bit breite Wortfolgen)	
v Ausgangswert v	
1 Teilungsträger	
2 Gebersystem	
3 Interpolationseinrichtung	15
4 Sigma-Delta-Modulator	
5 Tiefpaß	
6 Umsetzeinrichtung	
7 Auswerteschaltung	
8 digitales Filter mit Tiefpaßverhalten	20
9 Zuordnungsschaltung	

#### Patentansprüche

1. Interpolationsverfahren zum Interpolieren von durch Abtastung eines Teilungsträgers gewonnenen mindestens zwei positionsabhängigen periodischen zueinander um 90° phasenverschobenen sinusähnlichen Analogsignalen zum Messen von Wegen und/oder Winkeln, **dadurch gekennzeichnet**, daß den Analogsignalen (i1, i2) jeweils mittels Sigma-Delta-Modulation ein Rauschen überlagert wird, daß aus den so entstandenen Folgen (u1, u2) unter gleichzeitiger erster unvollständiger Tiefpaßfilterung der Rauschanteile oberhalb der maximalen Eingangsfrequenzen der Analogsignale (i1, i2) Signalfolgen (x, y) erzeugt werden und daß aus den Signalfolgen (x, y) eine Folge von Winkelwerten (w) gewonnen wird, der, nach zweiter Tiefpaßfilterung des noch vorhandenen Rauschanteils oberhalb der maximalen Eingangsfrequenzen der Analogsignale (i1, i2), eine Folge von Ausgangswerten (v) zugeordnet wird.
2. Interpolationsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zuordnung der Winkelwerte (w) zu den Ausgangswerten (v) über einen linearen Zusammenhang zwischen der Änderung des Winkelwertes (w) und der Änderung des Ausgangswertes (v) erfolgt.
3. Interpolationsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Differenz zweier aufeinanderfolgender Winkelwerte (w) in zwei zueinander um 90° phasenverschobene Rechtecksignale konvertiert wird.
4. Interpolationsverfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Tiefpaßfilterung eine Unterabtastung beinhaltet.
5. Hochauflösende digitale Interpolationseinrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei Sigma-Delta-Modulatoren (4) angeordnet sind, denen über je einen Folgen (u1, u2) in Signalfolgen (x, y) wandelnden digitalen Tiefpaß (5) eine aus den Signalfolgen (x, y) in Winkelwerte (w) wandelnde Umsetzeinrichtung (6) nachgeschaltet ist und daß die Umsetzeinrichtung (6) ihrerseits mit einer die Winkelwerte (w) in Ausgangswerte (v) umsetzende Auswerteschaltung (7) verbunden ist.
6. Hochauflösende digitale Interpolationseinrichtung

tung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteschaltung (7) aus einem digitalen Filter (8) mit Tiefpaßverhalten und einer Zuordnungsschaltung (9) besteht.

7. Hochauflösende digitale Interpolationseinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteschaltung (7) aus einem digitalen Filter (8) mit Tiefpaßverhalten und einer die Winkelwerte (w) über einen linearen Zusammenhang zwischen der Änderung des Winkelwertes (w) und der Änderung des Ausgangswertes (v) in Ausgangswerte (v) wandelnden Zuordnungsschaltung (9) besteht.

8. Hochauflösende digitale Interpolationseinrichtung nach Anspruch 5, 6, oder 7 dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteschaltung (7) aus einem von 0 bis zur maximalen Frequenz der Analogsignale (i1, i2) mit konstantem Amplitudengang arbeitenden und oberhalb der maximalen Frequenz der Analogsignale (i1, i2) sperrenden digitalen Filter (8) und einem nachgeschalteten fortlaufend die Differenz zweier aufeinanderfolgender Ausgangswerte des digitalen Filters (8) addierenden Rechenwerk besteht.

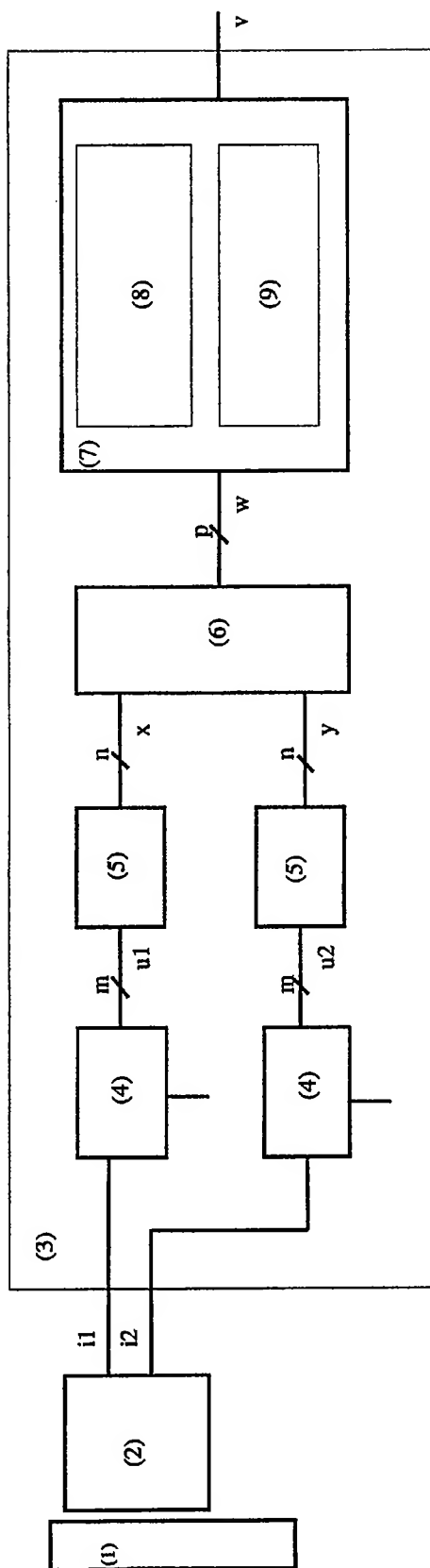
9. Hochauflösende digitale Interpolationseinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteschaltung (7) aus einem von 0 bis zur maximalen Frequenz der Analogsignale (i1, i2) differenzierenden und oberhalb der maximalen Frequenz der Analogsignale (i1, i2) sperrenden digitalen Filter und einem Addierer besteht.

10. Hochauflösende digitale Interpolationseinrichtung nach Anspruch 5, 6, oder 7 dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteschaltung (7) aus einem von 0 bis zur maximalen Frequenz der Analogsignale (i1, i2) mit konstantem Amplitudengang arbeitenden und oberhalb der maximalen Frequenz der Analogsignale (i1, i2) sperrenden digitalen Filter (8) und einer nachgeschalteten die Differenz zweier aufeinanderfolgender Ausgangswerte des digitalen Filters (8) in zwei zueinander um 90° phasenverschobene Rechtecksignale, die zur Ansteuerung herkömmlicher Auswerteelektronik dienen, konvertierenden Einrichtung besteht.

11. Hochauflösende digitale Interpolationseinrichtung nach Anspruch 6, 7, 8 oder 10 dadurch gekennzeichnet, daß das digitale Filter (8) ein Dezimierungsfilter ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -



Figur 1